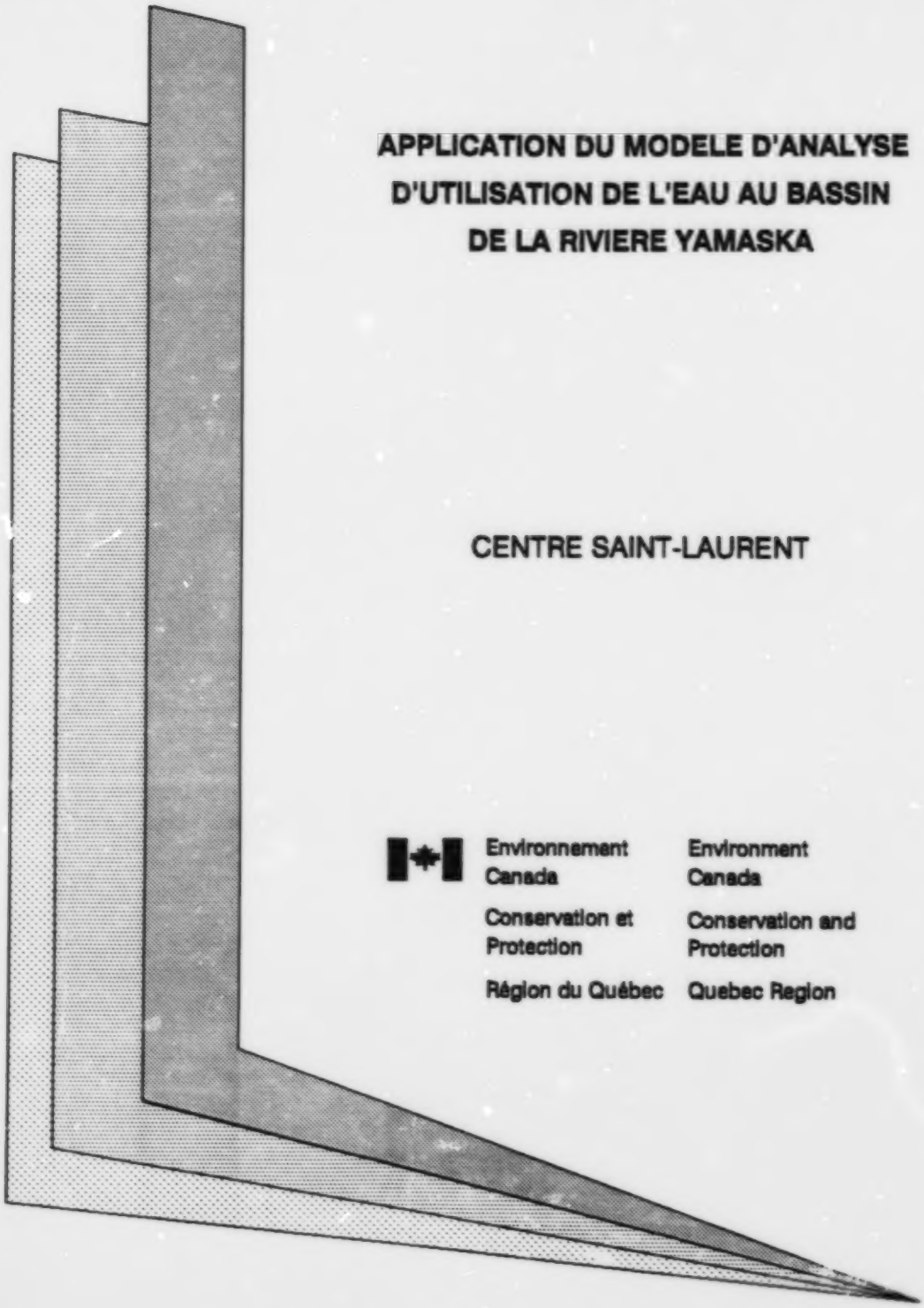
APPLICATION DU MODELE D'ANALYSE D'UTILISATION DE L'EAU AU BASSIN DE LA RIVIERE YAMASKA

CENTRE SAINT-LAURENT



Environnement Canada
Conservation et Protection
Région du Québec

Environment Canada
Conservation and Protection
Quebec Region

91-02722/

APPLICATION DU MODÈLE D'ANALYSE D'UTILISATION DE L'EAU AU BASSIN DE LA RIVIÈRE YAMASKA

PAR

JEFF HARRIS

ENVIRONNEMENT CANADA

RÉGION DU QUÉBEC

CONSERVATION ET PROTECTION

DIRECTION DES EAUX INTÉRIEURES

NOVEMBRE 1990

REMERCIEMENTS

Je désire remercier tout spécialement D. Blanchette pour son support informatique et ses commentaires, M. Papineau, L. Bernier, A. Kassem et J. Paquin pour leurs commentaires, ainsi que D. Labonté pour son support graphique.

Je tiens également à remercier D. Scharf, D. Lacelle et F. Cadoret de l'administration centrale d'Environnement Canada pour leur collaboration, ainsi que S. Vezina du ministère de l'Environnement du Québec et R. Villani, B. Clarke et D. Paquette de Statistique Canada.

RÉSUMÉ

Le modèle national d'analyse d'utilisation de l'eau (MAUE) a été utilisé dans le but de comparer l'offre et la demande en eau de surface dans le bassin de la rivière Yamaska et ce, pour une période de vingt ans, débutant en 1986. Deux scénarios de croissance de la demande ont été utilisés: le premier scénario présente une forte projection de croissance de la population et de l'industrie, le deuxième présente les mêmes projections, mais tient compte de l'effet des changements technologiques sur l'industrie.

Les résultats indiquent qu'aucun problème d'approvisionnement dans le bassin de la rivière Yamaska est à prévoir pour la période couverte par le modèle. Une comparaison des deux scénarios montre que la demande industrielle en eau restera constante dans le scénario qui prend en compte les changements technologiques, ce qui donne une faible augmentation (15 %) de la demande totale en eau. Les résultats du premier scénario (sans changement technologique) indiquent que la demande industrielle en eau doublerait; ce qui aboutirait à une augmentation plus substantielle (55 %) de la demande totale en eau.

ABSTRACT

The national water use analysis model (WUAM) was used to compare the supply and demand for surface water in the Yamaska River Basin for a period of twenty years, starting in 1986. Two water use scenarios were used; one using projections of high industrial and population growth; the other using the same industrial and demographic projections, but incorporating technological change into the industrial growth projection.

The results indicate an adequate water supply in the Yamaska River Basin for the period covered by the study. A comparison of the two scenarios indicates that industrial water demand will remain constant in the scenario incorporating technological change, leading to a slight increase in total water demand (15 %). The scenario without technological change predicts a doubling of industrial water demand leading to a more substantial increase in total water demand (55 %).

TABLE DES MATIERES

PAGE

REMERCIEMENTS..... III

RESUME..... V

ABSTRACT..... VI

TABLE DES MATIERES..... VII

LISTE DES TABLEAUX..... IX

LISTE DES FIGURES..... IX

1. **INTRODUCTION**

1.1 Objectif de l'étude 1

1.2 Description du modèle national d'utilisation de l'eau et de ses parties pertinentes au bassin de la rivière Yamaska..... 2

1.2.1 Les modules reliés à la demande 2

1.2.2 Les modules reliés à l'offre 4

1.3 Traits dominants du bassin versant de la rivière Yamaska..... 5

2. **HYDROLOGIE DANS LE BASSIN VERSANT ET L'OFFRE EN EAU**..... 7

3. **LA DEMANDE EN EAU**

3.1 Utilisation municipale de l'eau..... 10

3.1.1 Évaluation du prélèvement et de la consommation municipale..... 11

3.1.2 Projections de la population..... 17

3.1.3 Effet de la tarification sur la demande municipale..... 18

3.2 Utilisation agricole et abreuvement du bétail..... 18

3.3 Utilisation industrielle de l'eau..... 20

3.3.1 Évaluation du prélèvement et de la consommation industrielle 20

3.3.2 Scénarios de croissance industrielle..... 26

3.3.3 Effet des coûts industriels de l'eau..... 26
3.3.4 Effet des changements technologiques..... 26

4. APPLICATION AU BASSIN DE LA RIVIÈRE YAMASKA

4.1 Exécution du modèle..... 29
4.2 Résultats..... 30

5. CONCLUSION..... 35

BIBLIOGRAPHIE..... 37

ANNEXE A: L'OFFRE EN EAU 41

ANNEXE B: COEFFICIENTS INDUSTRIELS..... 43

LISTE DES TABLEAUX

PAGE

1. Quantité municipale d'eau de surface prélevée du bassin... 14

2. Population du bassin de la rivière Yamaska par source d'approvisionnement en eau..... 16

3. Projections de population (1986-2006), pour la région administrative Sud de Montréal, (taux d'accroissement par mille habitants)..... 17

4. Nombre et proportion du bétail du bassin de la rivière Yamaska qui s'approvisionne en eau de surface du bassin... 20

5. Quantité d'eau industrielle prélevée et nombre d'employés par secteur industriel et noeud, 1986..... 24

6. Taux de croissance annuel par bloc de cinq ans - Fortes projections de croissance économique québécoise..... 27

7. Demande et offre en eau à Granby en 2006 pour les deux scénarios, avec le minimum d'offre, (en million de mètres cubes par mois)..... 31

8. Comparaison du prélèvement de l'eau entre l'année de base (1986) et les deux scénarios (2006), par noeud, (en millions de mètres cubes par année)..... 34

LISTE DES FIGURES

1. Modèle d'analyse d'utilisation de l'eau..... 3

2. Configuration du bassin de la rivière Yamaska 8

3. Hydrologie du bassin de la rivière Yamaska avec division par noeud 9

4. Municipalités du bassin versant de la rivière Yamaska par noeud 13

5. Scénarios de croissance, bassin de la rivière Yamaska, 1986-2006 33

1. INTRODUCTION

1.1 Objectif de l'étude

Ce travail s'inscrit dans une série d'études qui utilisent le modèle national d'analyse d'utilisation de l'eau (MAUE) dans le but de comparer les prévisions de demande à la quantité d'eau disponible pour différents bassins des rivières du Canada afin de faire des projections de demande en eau. Ces études sont faites sous la direction d'Environnement Canada, Direction des eaux intérieures.

Au Québec, le MAUE a été appliqué à une série de trois bassins soit celles des rivières Richelieu (Bernier, 1990), Saint-François (Paquin, 1990) et Yamaska.

La présente étude comporte deux objectifs reliés à l'application du MAUE dans le bassin de la rivière Yamaska. Le premier de ces objectifs est de comparer l'offre et la demande en eau de surface afin de déterminer s'il peut éventuellement y avoir des problèmes d'approvisionnement en eau dans le bassin pour une période allant de 1986 à 2006.

Le deuxième objectif est de raffiner les techniques d'estimation de la demande en eau qui font partie du modèle. Alors que dans les études antérieures (Bernier, 1990; Inland Waters/Lands, 1987) la demande était calculée principalement à partir de coefficients (ou estimations), pour le bassin de la Yamaska, une plus grande emphase a été mise sur les mesures réelles de l'utilisation de l'eau.

De plus, une évaluation de l'effet des changements technologiques sur la demande industrielle en eau a été ajoutée au

modèle. En admettant que les taux de changements technologiques enregistrés entre 1981 et 1986 demeureront constant dans l'avenir, cette évaluation permet de faire une projection de la demande industrielle en eau.

1.2 Description du modèle national d'utilisation de l'eau et de ses parties pertinentes au bassin de la rivière Yamaska.

Le MAUE a été développé au niveau national et financé par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Il en est rendu à sa septième phase. Initialement, le MAUE était orienté vers des projets énergétiques canadiens dans le but d'identifier les besoins en eau des régions critiques (principalement celle de l'Ouest canadien) pour une période de vingt ans. Les phases subséquentes ont permis de perfectionner les études de simulation et de mettre en relation, grâce à l'outil que constitue le modèle, l'offre tant actuelle que future de la demande en eau ainsi que les besoins prévisibles.

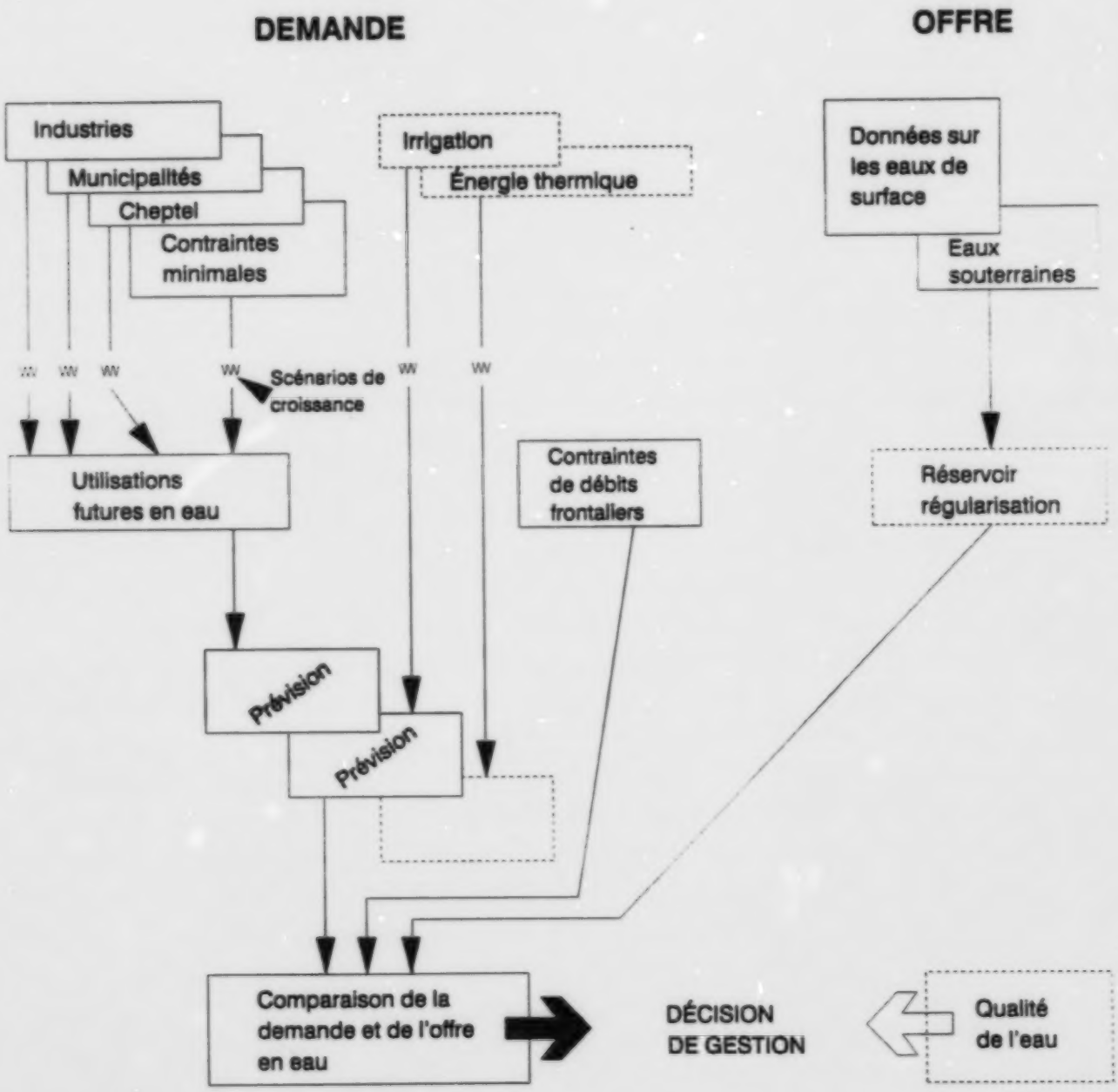
Le MAUE met l'accent sur la modélisation de la gestion de la demande en eau en incorporant la plupart des variables reliées à l'utilisation de l'eau. Il intègre les projections de la demande en eau à l'information sur l'offre en eau.

1.2.1 Les modules reliés à la demande

La demande en eau du modèle peut être divisée en cinq sections (figure 1): la demande municipale, la demande industrielle, la demande agricole, la demande reliée à la production d'énergie et la demande reliée aux activités récréatives (ou à un débit minimum). La demande agricole est elle-même divisée en deux parties soit, la demande du bétail ainsi qu'un sous-modèle qui traite des terres irriguées.

Figure 1

Modèle d'analyse d'utilisation de l'eau



Dans ce rapport, l'ensemble des variables reliées à la demande en eau, ou à son utilisation, n'ont pu être retenues.

La section reliée à la production d'énergie n'a pas été prise en compte pour l'étude, car il n'y ni barrage, ni centrale thermique dans le bassin de la rivière Yamaska (Enquête Industrielle, 1986). Le sous-modèle qui traite des terres irriguées n'a également pas été retenu à cause de la faible proportion de fermes utilisant l'irrigation (Recensement agricole, 1986).

De la même manière, la section du modèle traitant du débit minimum nécessaire pour supporter les activités récréatives dans le bassin n'a pas été considérée, et cela pour deux raisons. D'une part, la modélisation nécessaire pour faire l'estimation est complexe, et, d'autre part, la rivière Yamaska est fortement polluée, et à l'exception du Lac Brome et du parc Yamaska (en amont de presque toute demande en eau), il y a peu d'activités récréatives dans le bassin.

1.2.2 Les modules reliés à l'offre

Dans le modèle, l'offre en eau est divisée en trois sections (figure 1): l'offre en eau de surface, l'offre en eau souterraine, et un sous-modèle qui traite de l'effet des régularisations de l'eau de surface par les réservoirs.

Comme il n'y a pas de barrage dans le bassin (donc pas de réservoir), la partie du modèle concernant les réservoirs n'a pas été retenue.

Dans le modèle, l'offre en eau souterraine est considérée comme équivalente à la demande pour cette même eau. Une contrainte sur la quantité maximum d'eau qui peut être prélevée de source souterraine est appliquée (Acres, 1988). Cette partie du modèle ne

s'est pas avérée utile car la quantité maximum d'eau souterraine disponible n'a pas été évaluée pour le bassin de la rivière Yamaska. Ainsi, par définition, l'offre et la demande en eau souterraine seront identiques pour tous les scénarios du modèle.

De plus, l'évaluation de la demande en eau souterraine est difficile à faire vu le manque d'information relatif à la quantité d'eau prélevée par la population rurale qui utilise des puits.

L'étude se résume donc à une comparaison entre l'offre et la demande pour la seule eau de surface. La demande en eau comprend: la demande municipale, la demande industrielle et la demande du bétail. L'offre se limite au débit de la rivière.

1.3 Traits dominants du bassin versant de la rivière Yamaska

Le bassin de la rivière Yamaska est situé au sud du fleuve Saint-Laurent et couvre une superficie de 4912 km^2 (Secteur de l'eau atmosphérique, 1977). En comparaison aux rivières avoisinan-tes (Richelieu et St-François), cette rivière a un faible débit.

Le bassin est fortement industrialisé, avec principalement des industries textiles et alimentaires. Le bassin est aussi reconnu pour son agriculture intensive, principalement pour l'élevage du porc. Ces deux facteurs ont causé des problèmes de pollution de l'eau, et plus spécifiquement de pollution en matières organiques (Menviq, 1988).

La délimitation géographique des municipalités du bassin a été faite à partir de deux sources: la banque de données MUNDAT, et une publication provinciale (Ministère des richesses naturelles, service d'Hydrométrie, 1977). Si, selon l'une de ces deux sources, une municipalité était localisée dans le bassin de la Yamaska, nous l'avons considérée comme faisant partie du bassin de cette rivière.

Au total 88 municipalités ont été localisées dans le bassin. Elles font partie de 10 divisions du recensement canadien (Bagot, Brome, Drummondville, Iberville, Missisquoi, Richelieu, Rouville, Saint-Hyacinthe, Shefford, Yamaska). Granby et St-Hyacinthe sont les deux principaux centres urbains où l'on compte plus de 30,000 habitants.

2. HYDROLOGIE DANS LE BASSIN VERSANT ET L'OFFRE EN EAU

Une étape importante de l'application du modèle consiste à définir la configuration du bassin, c'est-à-dire à préciser le réseau hydrographique de même que les relations entre chaque noeud du bassin. Dans le modèle, un noeud est une section du bassin qui correspond approximativement à un sous-bassin, et pour lequel il y a une mesure de débit (station hydrométrique) à sa sortie durant une période déterminée. La période de temps de mesure doit être identique pour tous les noeuds spécifiés dans un bassin (Acres, 1988). Cette estimation de l'offre est comparée à la somme des demandes en eau faites en amont de la station hydrométrique, en plus de celle du sous-bassin ou du noeud spécifié.

La rivière Yamaska a plusieurs tributaires (sous-bassins). Les plus grands sont les sous-bassins de la rivière Noire, la rivière Yamaska Sud-Est, et la rivière Yamaska Nord.

Cinq noeuds ont été créés qui correspondent à l'hydrométrie du bassin. D'abord, le noeud de Granby, dans le sous-bassin de la rivière Yamaska Nord. Puis, celui de Farnham, où les rivières de Yamaska, Yamaska Nord et Yamaska Sud-Ouest, se rejoignent. Un troisième noeud est créé à St-Pie, où le sous-bassin de la rivière Noire rejoint la rivière Yamaska. En aval de Farnham et de Saint-Pie, on trouve le noeud de Sainte-Hyacinthe. Enfin, le dernier noeud est celui de l'embouchure de la rivière Yamaska dans le fleuve Saint-Laurent. Les mesures hydrométriques ou de leurs estimations s'étendent de 1966 à 1986.

Voir les figures 2 et 3 pour une représentation graphique de la configuration des noeuds ainsi que l'annexe A pour la méthodologie détaillée utilisée pour dériver les débits manquants aux différents noeuds.

Figure 2 **Configuration du bassin de la rivière Yamaska**

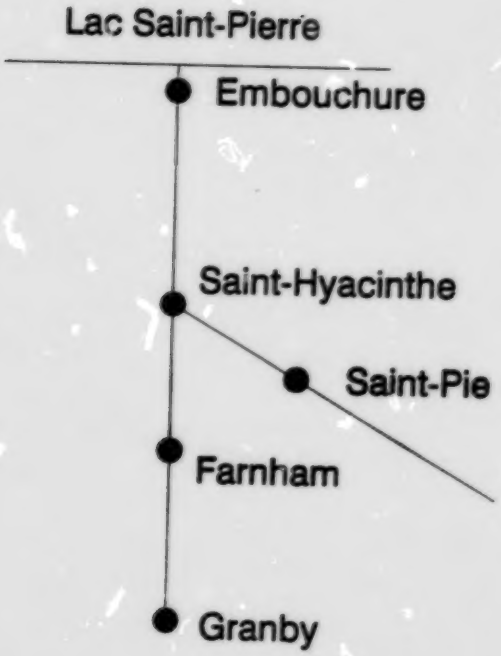
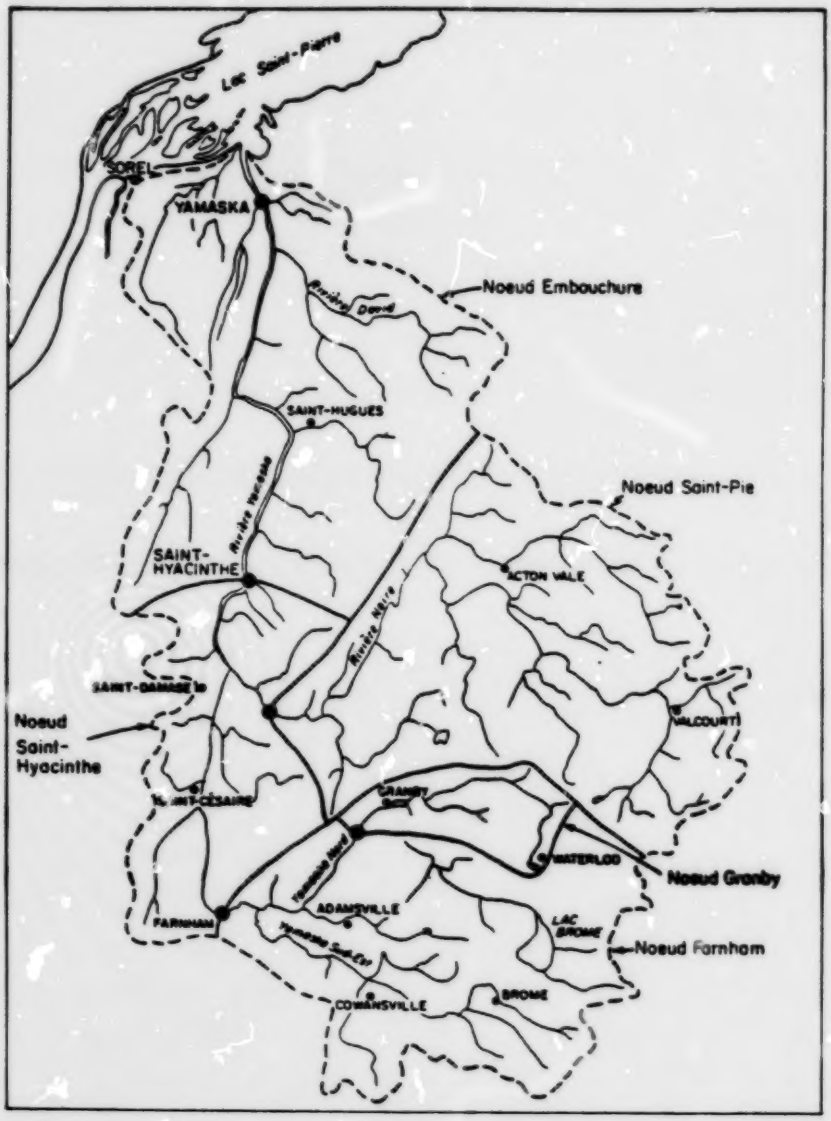


Figure 3 **Hydrologie du bassin de la rivière Yamaska avec la division par noeud**



Légende

- ● : Station hydrométrique utilisée dans le rapport.
- / : Délimitation des noeuds.

Source : Direction générale des eaux, Ministère des richesses naturelles, Gouvernement du Québec, *Eaux de surface, bassin versant de la Yamaska*, 1977.

3. LA DEMANDE EN EAU

La demande en eau de surface est traitée selon trois types d'utilisation: municipale, agricole et industrielle. Chacune de ces utilisations est examinée en terme de prélèvement d'eau et de consommation d'eau.

Le modèle fait des projections de demande selon deux variables: le taux de croissance (de la population, de l'industrie et du bétail), et le prix de l'eau. S'il est possible de dériver l'élasticité de la demande en eau selon l'usage (municipal, agricole et industriel), le MAUE peut être utilisé pour évaluer les répercussions des changements du prix sur la demande en eau.

Les paramètres additionnelles qui influencent les projections de demande sont, d'une part, les débits minimums suffisants pour atteindre les accords internationaux ou inter-provinciaux, et, d'autre part, les transferts d'eau entre bassins. Ces considérations ne sont pas applicables au bassin de la rivière Yamaska et ont donc été exclus de la modélisation.

3.1 Utilisation municipale de l'eau

Par "utilisation municipale de l'eau", nous entendons l'eau qui est desservie à la population à des fins domestiques ou commerciales, c'est-à-dire à des fins non-industrielles. Dans l'approche utilisée des études antérieures (Bernier, 1990; Inland Waters/Lands, 1987), l'estimation de la demande actuelle en eau est faite en divisant la population en population urbaine et population rurale, et en attribuant à ces populations respectives un taux de prélèvement correspondant per capita.

Dans la présente étude, une approche alternative est utilisée. La somme des mesures (ou estimations), des prélèvements municipaux

réels (domestiques ou commerciaux), est faite pour chacun des noeuds.

3.1.1 Évaluation du prélèvement et de la consommation municipale

La première étape de l'estimation de la demande municipale a été de distinguer les sources d'eau municipale. Il s'agit d'identifier les municipalités qui s'approvisionnent (entièrement ou partiellement) en eau de surface dans le bassin, d'identifier les municipalités qui s'approvisionnent en eau de surface hors du bassin et enfin, d'identifier les municipalités qui s'approvisionnent en eau souterraine. La source utilisée pour faire cette estimation a été la banque de données MUNDAT.

La deuxième étape a été l'estimation pour chaque municipalité de la proportion de la population qui s'approvisionne en eau de surface. Cette estimation est obtenue par la multiplication de la proportion de la population actuellement desservie par une source d'eau de surface (tirée de la banque de données MUD ou de la banque de données MUNDAT) par la population en 1986 (tirée du recensement canadien, 1986).

La troisième étape a été d'évaluer la quantité d'eau de surface prélevée pour chaque municipalité pour l'année 1986. Pour les municipalités qui font parties de la banque de données MUD, la quantité d'eau de surface prélevée est connue. La banque de données MUD est basée sur une enquête faite par Environnement Canada qui demande aux municipalités de leur faire parvenir la quantité d'eau prélevée annuellement par secteur (c.-à-d. commercial, industriel et résidentiel). La banque de données MUD comprend les municipalités québécoises de plus de 1000 habitants.

Le prélèvement d'eau pour les municipalités qui ne font pas partie de la banque de données MUD a été estimé en utilisant deux

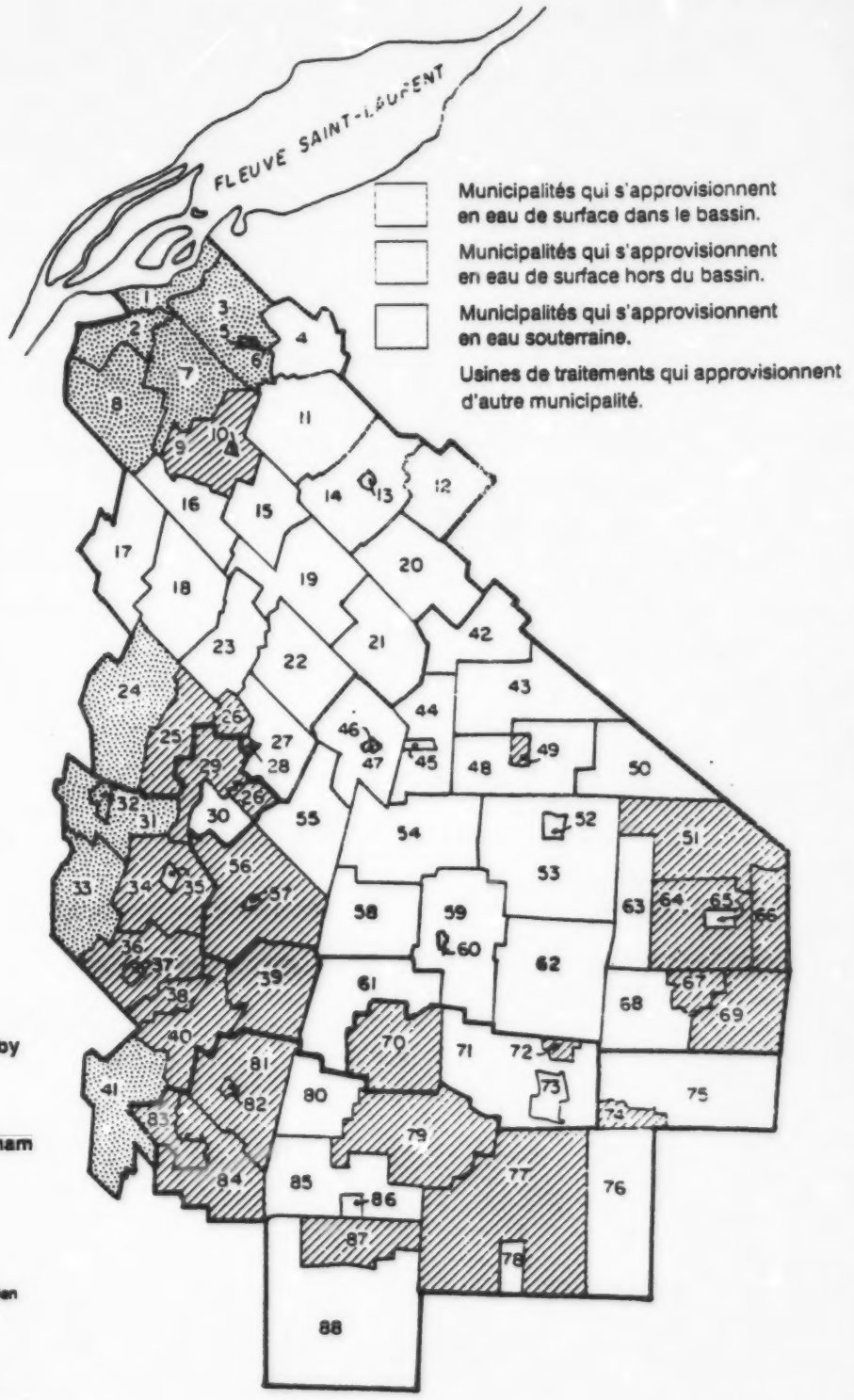
coefficients calculés à partir de la banque de données MUD. Dans la méthode utilisée, les coefficients de prélèvement d'eau (m^3 par jour, par personne) sont les moyennes des coefficients de prélèvement, dans le premier cas, pour les municipalités québécoises avec une population urbaine à 100 % et dans le deuxième cas, pour les municipalités avec une population rurale à 100 %. Ces deux coefficients sont: 0.53 (185 municipalités) pour la population urbaine et 0.43 (69 municipalités) pour la population rurale. Les coefficients appropriés ont été multipliés par la population desservie.

À la quatrième étape, il y avait répartition des populations municipales desservies par une source d'eau de surface en leur noeud correspondant. Pour la plupart des municipalités, la localisation géographique se situait dans le même noeud où elles s'approvisionnaient; mais si la population municipale était desservie par une usine de traitement localisée dans un noeud voisin leur prélèvement était accordé à cet autre noeud (figure 4).

La dernière étape a été de faire la somme de toutes les populations urbaines et rurales dans leur noeud respectif avec leur prélèvement d'eau de surface correspondant. Ces données servent à calculer les coefficients de prélèvement d'eau pour chaque noeud, requis pour mettre en marche le modèle.

Les résultats indiquent que la population desservie par l'eau de surface dans le bassin de la rivière Yamaska est principalement urbaine (90 %) avec une petite population rurale (10 %) (tableau 1). La population rurale, desservie par un réseau d'eau de surface, est située en banlieue des centres urbains, ou dans les petits villages classifiés ruraux par Statistique Canada.

Figure 4 Municipalités du bassin versant de la rivière Yamaska , par noeud.



Noeud de l'embouchure

1.- Sainte-Anne-de-Sorel
2.- Saint-Pierre-de-Sorel
3.- Saint-Michel-d'Yamaska
4.- Saint-Gérard-Majella
5.- Yamaska
6.- Yamaska-Est
7.- Saint-Robert
8.- Sainte-Victoire-de-Sorel
9.- Saint-Aimé
10.- Massueville
11.- Saint-David
12.- Saint-Edmond-de-Grantham
13.- Saint-Guillaume
14.- Saint-Guillaume
15.- Saint-Louis
17.- Saint-Bernard-Partie-Sud
18.- Saint-Jude
19.- Saint-Hugues
20.- Saint-Eugène
21.- Sainte-Hélène-de-Bagot
22.- Saint-Simon
23.- Saint-Barnabé
24.- La Présentation
25.- Saint-Thomas-d'Aquin
26.- Saint-Hyacinthe-le-Confesseur (partie)
27.- Sainte-Rosalie
28.- Sainte-Rosalie

Noeud de Saint-Hyacinthe

26.- Saint-Hyacinthe-le-Confesseur (partie)
29.- Saint-Hyacinthe
30.- Notre-Dame-de-Saint-Hyacinthe
31.- Sainte-Marie-Madeleine
32.- Saint-Madeleine
33.- Saint-Jean-Baptiste
34.- Saint-Damase
35.- Saint-Damase
36.- Saint-Michel-de-Rougemont
37.- Rougemont
38.- Saint-Césaire
39.- Saint-Paul-d'Abbotsford
40.- Saint-Césaire
41.- Sainte-Brigide-d'Iberville

Noeud de Saint-Pie

42.- Saint-Nazaire-d'Acton
43.- Saint-Théodore-d'Acton
44.- Saint-Éphrem-d'Upton
45.- Upton
46.- Saint-Liboire
47.- Saint-Liboire
48.- Saint-André-d'Acton
49.- Acton-Vale
50.- Sainte-Christine
51.- Maricourt
52.- Roxton Falls
53.- Roxton
54.- Saint-Valérien-de-Milton
55.- Saint-Dominique
56.- Saint-Pie
57.- Saint-Pie
58.- Sainte-Cécile-de-Milton
59.- Roxton Pond
60.- Roxton Pond
61.- Granby
62.- Saint-Joachim-de-Shefford
63.- Béthanie
64.- Valcourt
65.- Valcourt
66.- Racine
67.- Lawrenceville
68.- Sainte-Anne-de-la-Rochelle
69.- Bonsecours

Noeud de Granby

70.- Granby
71.- Shefford
72.- Warden
73.- Waterloo

Noeud de Farnham

74.- Stukely-Sud
75.- Stukely-Sud
76.- Bolton-Ouest
77.- Lac-Brome
78.- Brome
79.- Bromont
80.- Saint-Alphonse
81.- Saint-Ange-Gardien
82.- L'Ange-Gardien
83.- Farnham
84.- Rainville
85.- Brigham
86.- East-Farnham
87.- Cowansville
88.- Dunham

Source: Recensement du Canada 1981, Cartes de référence, Divisions et sous-divisions de recencement, Statistique Canada, 1982.

En rapport aux coefficients de prélèvement municipaux, on remarque que les coefficients tirés de MUD (0.53 pour la population urbaine et 0.43 pour la population rurale) sont différents des coefficients utilisés lors de l'étude antérieure (0.63 pour urbaine et 0.16 pour rurale) (Bernier, 1990). Cette différence est particulièrement prononcée pour les coefficients ruraux.

Tableau 1

Quantité municipale d'eau de surface prélevée du bassin

Noeud		Population nombre	%	Quantité Prélevée (m^3/j)	%	Coefficient (m^3/j/personne)
GRANBY	Urb.	34272	99	25121	100	0.73
	Rur.	173	1	75	0	0.43
	Tot.	34445		25196		0.73
FARNHAM	Urb.	17916	78	10310	84	0.58
	Rur.	5197	22	1981	16	0.38
	Tot.	23113		12291		0.53
ST-PIE	Urb.	8573	85	6072	90	0.71
	Rur.	1536	15	661	10	0.43
	Tot.	10109		6733		0.67
ST. HYA.	Urb.	46003	91	24568	91	0.53
	Rur.	4616	9	2332	9	0.51
	Tot.	50619		26900		0.53
EMBOUCH.	Urb.	0	0	0	0	0.00
	Rur.	635	100	315	100	0.50
	Tot.	635		315		0.50
TOTAL	Urb.	106764	90	66071	92	0.62
	Rur.	12157	10	5364	8	0.44
	Tot.	118921		71435		0.60

Sources: Recensement 1986, MUNDAT, MUD.

Cette variation est due au fait que, dans la source de coefficients utilisée par Bernier (Environnement Canada, 1976), on compare la quantité d'eau prélevée par les municipalités desservies par un réseau d'eau en 1975 à la population rurale québécoise entière, et non uniquement à la population rurale desservie par un réseau d'eau.

D'autre part, dans certains noeuds (tableau 2), la plupart de la population desservie en eau de surface est desservie par des usines de traitement qui s'approvisionnent dans le bassin versant de la rivière Richelieu. Ceci est d'autant plus vrai pour le cinquième noeud, près de l'embouchure de la rivière Yamaska, où 100 % de la population urbaine est desservie par des usines de traitement localisées dans le bassin de la Richelieu.

La proportion d'eau prélevée qui est consommée (non retournée à la source) est difficile à évaluer. Quand on compare le prélèvement et le déversement d'eau pour la même municipalité, il se peut que la quantité d'eau déversée soit plus grande que la quantité d'eau prélevée (MUD, 1989). Les deux facteurs qui causent ce phénomène sont d'une part, les industries qui utilisent les réseaux de déversement sans utiliser les réseaux d'approvisionnement, et d'autre part, l'importance des infiltrations dans le réseau de déversement.

Les poucentages de consommation fournis par le modèle sont de 20 %, dans le cas de la population urbaine, et de 70 % du prélèvement, dans la cas de la population rurale. Dans le bassin de la Yamaska, la proportion de consommation pour la population rurale est passée de 70 % à 40 %.

Tableau 2

Population du bassin de la rivière Yamaska

par source d'approvisionnement en eau

Noeud		Eau surface du bassin		Eau surface hors du bassin		Eau Souterraine		Total
		Pop.	%*	Pop.	%*	Pop.	%*	
GRANBY	Urb.	34272	80	0	0	8461	20	42733
	Rur.	173	5	0	0	3502	95	3675
	Tot.	34445	74	0	0	11963	26	46408
FARNHAM	Urb.	17916	95	0	0	932	5	18848
	Rur.	5197	27	0	0	13869	73	19066
	Tot.	23113	61	0	0	14801	39	37914
ST. PIE	Urb.	8573	75	0	0	2821	25	11394
	Rur.	1536	4	0	0	34026	96	35562
	Tot.	10109	22	0	0	36847	78	46956
ST. HYA.	Urb.	46003	96	1483	3	249	1	47735
	Rur.	4616	32	2234	15	7650	53	14500
	Tot.	50619	81	3717	6	7899	13	62235
EMBOUCH.	Urb.	0	0	5714	100	0	0	5714
	Rur.	635	3	6545	26	18205	72	25385
	Tot.	635	2	12259	39	18205	59	31099
TOTAL	Urb.	106764	84	7197	6	12463	10	126424
	Rur.	12157	12	8779	9	77252	79	98188
	Tot.	118921	53	15976	7	89715	40	224612

* Pourcentage de la population d'une catégorie (Urb.: urbain, Rur.: rural, Tot.: total) d'un noeud donné utilisant un type d'approvisionnement.

Sources: Recensement 1986, MUNDAT, MUD.

3.1.2 Projections de la population

Trois projections de population ont été retenues des données publiées par le Bureau de la Statistique du Québec. Ces projections ont permis le calcul du taux annuel de croissance entre 1987 et 2006.

Le Bureau de la Statistique du Québec a développé trois scénarios de projections de croissance de la population pour l'ensemble du Québec ainsi que pour chacune des régions administratives (BSQ,1984): faible, moyen et fort. Étant donné que la majeure partie du bassin se situe dans la région Sud de Montréal, nous avons utilisé les données de cette région administrative lors de l'estimation du bassin Yamaska.

Tableau 3
Projections de population (1986-2006) pour la région administrative Sud de Montréal
(Taux d'accroissement par mille habitants)

Année	Scénario Faible	Scénario Moyen	Scénario Fort
1987	8.1	16.1	16.6
1988	7.8	15.7	16.5
1989	7.4	15.0	16.4
1990	7.0	14.3	16.3
1991	6.5	13.7	16.1
1992	6.0	13.0	15.4
1993	5.4	12.3	14.6
1994	4.8	11.4	13.7
1995	4.2	10.6	13.1
1996	3.6	9.8	12.3
1997	3.1	9.1	11.5
1998	2.6	8.5	10.9
1999	2.2	7.8	10.2
2000	1.8	7.3	9.7
2001	1.4	6.8	9.1
2002	1.1	6.3	8.7
2003	0.7	5.9	8.2
2004	0.4	5.5	7.8
2005	0.1	5.1	7.4
2006	-0.2	4.7	7.0

Source: Bureau de la statistique du Québec, 1984.

3.1.3 Effet de la tarification sur la demande municipale

On trouve beaucoup de documentation scientifique concernant la relation entre la tarification municipale de l'eau et la quantité d'eau prélevée pour les besoins domestiques (Grima, 1980). La plupart des études emploient la régression linéaire pour déterminer l'élasticité de la demande en eau. Ces études ont trouvé une relation inversement proportionnelle entre d'une part, l'augmentation du prix de l'eau et de l'installation des compteurs, et d'autre part, la quantité d'eau prélevée (Grima, 1980).

Cette hypothèse a été examinée à la lumière des banques de données MUD et MUP. Si une telle relation avait été trouvée pour nos données, elle aurait été incorporée dans les scénarios du modèle. La première régression (avec les données de MUD) a indiqué que la variable ~population municipale desservie par un réseau d'eau~ explique 94 % (coefficient de détermination) de la variance en eau prélevée à des fins domestiques (pour un échantillon de 373, prob. 0.0001). Il est probable que ce résultat reflète le faible pourcentage de municipalités québécoises qui appliquent une tarification autre que la tarification unique (MUP, 1989).

Pour effectuer les projections de la croissance du prélèvement municipale, nous nous limitons donc, pour le moment, aux scénarios de croissance de la population.

3.2 Utilisation agricole et abreuvement du bétail

Dans le modèle MAUE, l'abreuvement du bétail est évalué selon un prélèvement per capita par jour et avec un taux de consommation correspondant pour chacune des catégories de bétail. Les études antérieures (Bernier, 1990, Inland Waters/Lands, 1987) ont fait l'hypothèse que le bétail s'approvisionne à 100 % en eau de surface.

Le problème de cette approche est le double décompte de la quantité d'eau de surface prélevée par le bétail, puisque cette quantité est déjà comptée dans la section municipale. Il est peu probable en effet qu'un fermier ait deux réseaux d'approvisionnement en eau, un premier pour ses besoins domestiques, relié au réseau public, et un second réseau privé qui l'approvisionnerait directement de la rivière uniquement pour le bétail. Dans la méthodologie de la section municipale (où le prélèvement réel en eau de surface pour toutes utilisations sauf celle de l'industrie est calculé), l'utilisation municipale en eau de surface comprend déjà l'abreuvement du bétail en eau de surface.

D'autre part, nous observons que le bétail s'approvisionne principalement en eau souterraine. En effet, suivant les hypothèses que l'élevage du bétail se pratique uniquement dans les municipalités à population rurale et que celui-ci s'abreuve en eau de surface suivant la même proportion que la population, il s'avère que l'évaluation du bétail qui s'abreuve en eau de surface représente une faible proportion du bétail du bassin (tableau 4).

Le prélèvement en eau pour le bétail n'a pas été inclus dans la modélisation vu les deux raisons mentionnées ci-dessus (une faible proportion du bétail s'approvisionne en eau de surface, et il y a un double décompte du prélèvement en eau de surface) .

Tableau 4

Nombre et proportion du bétail du bassin de la Yamaska qui s'approvisionne en eau de surface

Type	Nombre qui s'abreuve en eau de surface	Nombre Total de bétail	%*
Bovins	6208	75981	8
Vaches	3474	61808	6
Chevaux	376	2350	16
Porcs	51522	950210	5
Moutons	568	7770	7
Poulets	263952	5362769	5

* Pourcentage du bétail qui s'abreuve en eau de surface.
Source: Recensement agricole, 1986

3.3 Utilisation industrielle de l'eau

Pour l'analyse de l'utilisation industrielle de l'eau, le modèle prend en considération 30 secteurs qui couvrent l'industrie manufacturière, l'extraction minière et la production de thermoélectricité. Pour chacun de ces secteurs, le modèle précise le prélèvement et la consommation d'eau.

Comme il n'y a aucune mine, ni aucune centrale thermale dans le bassin de la rivière Yamaska, seules les industries manufacturières étaient prises en compte dans la modélisation.

3.3.1 Évaluation du prélèvement et de la consommation industrielle

Trois principales sources de données ont été utilisées pour l'analyse: l'enquête sur l'utilisation industrielle de l'eau 1986, le recensement américain sur l'utilisation de l'eau 1982, et le "Répertoire Industriel Scott's 1986 ". Le répertoire Scott's

fournit une liste des fabricants québécois avec des informations de base comme, la localisation, le nombre d'employés et la classification industrielle. Quant à l'enquête sur l'utilisation industrielle de l'eau, elle est faite tous les cinq ans par Environnement Canada et Statistique Canada et fournit un profil de l'utilisation industrielle de l'eau.

Afin d'établir la répartition exacte des industries dans le bassin, il a fallu comparer l'information contenue dans le répertoire industriel Scott's avec l'information contenue dans l'enquête industrielle 1986, puisque cette dernière ne couvre pas l'ensemble de l'industrie manufacturière, mais seulement les plus grandes industries dans 11 des 17 secteurs (Division socio-économique, 1982). Les industries étudiées représentent la plus grande partie du prélèvement et de la consommation d'eau au niveau national, mais elles ne sont pas nécessairement représentatives au niveau d'un bassin en particulier.

Les industries qui ne se trouvaient pas dans l'enquête industrielle 1986 ont été réparties par municipalité et réunies par catégorie industrielle ou SIC (classification industrielle standard) avec le nombre d'employés pour chaque catégorie.

Le prélèvement d'eau pour les industries qui ne faisaient pas partie de l'enquête industrielle 1986 a été évalué avec deux coefficients (prélèvement d'un réseau public et prélèvement en eau de surface directe) qui représentent la quantité annuelle d'eau de surface prélevée par employé, et par catégorie industrielle. Les coefficients estimés ont été multipliés par le nombre d'employés, de chacune des catégories correspondantes à la catégorie industrielle. Le résultat final est une estimation de la quantité d'eau prélevée des deux sources, par catégorie industrielle et par municipalité.

Les coefficients ont été obtenus à partir de la moyenne de la quantité d'eau prélevée par employé, par année, pondérée par le nombre d'employés par usine. Pour les deux sources de prélèvement (le réseau public et l'eau de surface directe), cette moyenne a été calculée par catégorie industrielle, au niveau du bassin et au niveau du Québec. L'enquête industrielle de 1986 est la source de ces données. Les règles régissant l'utilisation des coefficients correspondant à la classification industrielle sont:

1) si plus de cinq usines sont localisées dans le bassin de la Yamaska, on utilise les coefficients de la Yamaska.

2) si moins de cinq usines sont localisées dans le bassin de la Yamaska, on utilise les coefficients du Québec.

3) si moins de cinq usines sont localisées au Québec, on utilise les coefficients du Canada.

4) si l'information n'existe pas au Canada, c'est le recensement américain qui sert de référence.

Les coefficients pour le Canada ont été calculés pour les deux types d'eau (publique ou de surface directe); tandis que pour les États-Unis, le coefficient représente la quantité totale d'eau prélevée. Dans le cas des coefficients américains, nous avons considéré l'eau comme étant de sources publiques. Voir l'annexe B pour une liste des coefficients utilisés pour chaque catégorie industrielle.

La dernière étape consistait en la répartition par noeud et par catégorie industrielle, des évaluations industrielles de prélèvement d'eau, en excluant l'eau publique prélevée hors du bassin ainsi que l'eau publique prélevée de source souterraine. Le même procédé a été utilisé pour les industries de l'enquête

industrielle. Pour dériver l'estimation, nous avons additionné les données du prélèvement d'eau rapportées par les industries aux données de l'estimation faite pour les industries non-répertoriées pour chaque noeud et pour chaque catégorie industrielle.

Les prélèvements d'eau évalués pour les industries non-répertoriées dans l'enquête industrielle de 1986 représentent presque 50 % de la demande totale en eau industrielle dans le bassin (tableau 5). Cette proportion reste presque la même d'un noeud à un autre.

Un autre résultat souligne l'importance de la distinction à faire au niveau d'un bassin par rapport au niveau national ou provincial: les deux groupes industriels qui demandent le plus d'eau de surface dans le bassin sont les industries du textile et les industries alimentaires, alors qu'au niveau provincial, les deux plus grands préleveurs d'eau sont les industries de pâte et papier et les industries primaires du métal (Enquête industrielle, 1986).

Le calcul de la consommation industrielle a été effectué presque de la même façon que le calcul des coefficients de prélèvement. Pour toutes les industries répertoriées lors de l'enquête industrielle, une moyenne de la différence entre la quantité d'eau prélevée et la quantité d'eau déversée, pondérée par la quantité d'eau totale prélevée, a été faite par classification industrielle. Des moyennes ont été obtenues pour le bassin de la rivière Yamaska et pour l'ensemble du Québec. Les règles qui régissent l'utilisation des coefficients correspondant à la classification industrielle sont les mêmes que celle du prélèvement.

Tableau 5

Quantité d'eau industrielle prelevée (Pre.)(000's/m3/an) et nombre d'employés (Emp.), par secteur industriel et noeud, 1986.

Secteur Industriel	Noeud	Source de données: Estimation		Enquête Industrielle		Total	
		Emp.	Pre.	Emp.	Pre.	Emp.	Pre.
Textiles	Ste-Pie	0	0	585	1152	585	1152
	Granby	643	654	525	1046	1168	1700
	Farnham	119	188	1408	2133	1527	2321
	St-Hyacinthe	185	292	313	141	498	433
	Embouchure	0	0	0	0	0	0
	Total	947	1134	2831	4472	3778	5606
Alimentation	Ste-Pie	163	131	176	115	339	246
	Granby	61	45	679	732	740	777
	Farnham	192	159	0	0	192	159
	St-Hyacinthe	402	405	1975	1857	2377	2262
	Embouchure	257	117	511	1	768	118
	Total	1075	857	3341	2705	4416	3562
Caoutchouc, Plastique	Ste-Pie	282	243	282	64	564	307
	Granby	314	293	652	409	966	702
	Farnham	200	176	250	312	450	488
	St-Hyacinthe	157	138	193	405	350	543
	Embouchure	0	0	0	0	0	0
	Total	953	850	1377	1190	2330	2040
Produits Chimique	Ste-Pie	11	83	0	0	11	83
	Granby	40	265	12	62	52	327
	Farnham	30	226	0	0	30	226
	St-Hyacinthe	52	420	28	0	80	420
	Embouchure	13	68	0	0	13	68
	Total	146	1062	40	62	186	1124
Industries Primaires du Métal	Ste-Pie	0	0	0	0	0	0
	Granby	38	28	0	0	38	28
	Farnham	25	528	47	64	72	592
	St-Hyacinthe	58	337	0	0	58	337
	Embouchure	0	0	0	0	0	0
	Total	121	893	47	64	168	957
Matériel de Transport	Ste-Pie	2000	608	110	18	2110	626
	Granby	58	18	0	0	58	18
	Farnham	394	117	0	0	394	117
	St-Hyacinthe	37	11	225	104	262	115
	Embouchure	3	1	0	0	3	1
	Total	2492	755	335	122	2827	877

Tableau 5 (suite)

Secteur Industriel	Noeud	Source de données: Estimation Emp.	Estimation Pre.	Enquête Industrielle Emp.	Enquête Industrielle Pre.	Total Emp.	Total Pre.
Raffinage du Pétrole	Ste-Pie	40	602	0	0	40	602
	Granby	0	0	0	0	0	0
	Farnham	0	0	0	0	0	0
	St-Hyacinthe	15	221	0	0	15	221
	Embouchure	0	0	0	0	0	0
	Total	55	823	0	0	55	823
Machinerie Electrique	Ste-Pie	0	0	0	0	0	0
	Granby	659	124	0	0	659	124
	Farnham	1727	464	0	0	1727	464
	St-Hyacinthe	133	26	0	0	133	26
	Embouchure	0	0	0	0	0	0
	Total	2519	614	0	0	2519	614
Produits en Pierre	Ste-Pie	54	68	150	2	204	70
	Granby	2	3	0	0	2	3
	Farnham	229	322	0	37	229	359
	St-Hyacinthe	177	112	0	0	177	112
	Embouchure	2	3	0	0	2	3
	Total	464	508	150	39	614	547
Produits Métalliques	Ste-Pie	67	16	30	0	97	16
	Granby	823	202	75	40	898	242
	Farnham	42	10	0	0	42	10
	St-Hyacinthe	400	100	160	25	560	125
	Embouchure	10	1	0	0	10	1
	Total	1342	329	265	65	1607	394
Autres Industries	Ste-Pie	1021	179	0	0	1021	179
	Granby	1286	213	95	25	1381	238
	Farnham	853	149	106	6	959	155
	St-Hyacinthe	1087	218	384	163	1471	381
	Embouchure	131	25	0	0	131	25
	Total	4378	784	585	194	4963	978
Total	Ste-Pie	3638	1930	1333	1351	4971	3281
	Granby	3924	1845	2038	2314	5962	4159
	Farnham	3811	2339	1811	2552	5622	4891
	St-Hyacinthe	2703	2280	3278	2695	5981	4975
	Embouchure	416	215	511	1	927	216
	Total	14492	8609	8971	8913	23463	17522

Sources: Enquête industriel, Environnement Canada/Stat. Canada, 1986.
Répertoires Scott's, Fabricants du Québec, 13ieme edition.
U.S. Department of commerce, Water use in Manufacturing, 1982.

Le recensement américain sur l'utilisation de l'eau (1982) a servi de référence pour calculer les coefficients des classifications industrielles qui ne font pas partie de l'enquête industrielle. Il faut calculer un coefficient représentant la proportion de la différence entre la quantité d'eau prélevée et la quantité d'eau déversée, pour chaque catégorie industrielle.

3.3.2 Scénarios de croissance industrielle

Trois scénarios de croissance industrielle (faible, moyen et fort) ont été employés. Les scénarios couvrent les années allant de 1986 à 2006 pour l'ensemble du Québec (voir tableau 6). Ces scénarios proviennent du modèle macro-économique canadien développé par la compagnie privée "Infometrica".

3.3.3 Effet des coûts industriels de l'eau

Les études sur l'effet des coûts pour obtenir l'eau, et la demande par l'industrie montrent une relation où une augmentation dans les coûts de l'eau industrielle entraîne une diminution de la quantité d'eau demandée (Renzetti, 1987). Cette relation (ou courbe de demande) fait partie du modèle, elle ne fait cependant pas partie de cette étude. Elle sera une composante du modèle à préciser lors d'études ultérieures.

3.3.4 Effet des changements technologiques

L'influence des changements technologiques est une autre variable qui peut influencer la demande industrielle d'eau, mais qui ne fait présentement pas partie du modèle.

Tableau 6

Taux de croissance annuel, par bloc de cinq années,
Forte projection de croissance économique québécoise

Catégorie industrielle	1986-91	1992-96	1996-2001	2001-06
Alimentation	1.9	2.5	2.9	3.0
Tabac	3.3	-3.2	-3.4	-4.8
Caoutchouc, plastique	5.0	4.8	4.3	3.6
Cuir	1.1	3.7	3.6	3.6
Textiles	2.8	3.1	3.0	3.0
Bois de construction	2.6	4.6	4.2	2.0
Meubles	6.2	3.4	4.3	4.3
Papier	4.2	4.4	3.8	3.2
Imprimerie	3.9	3.8	3.4	2.7
Ind. primaire métal	8.1	4.0	4.0	3.4
Produits métalliques	7.8	4.8	5.1	4.4
Machinerie	8.5	5.6	7.3	6.5
Matériel transport	6.3	3.6	4.4	4.1
Machinerie électrique	9.1	3.1	4.0	2.6
Produits en pierre	7.4	3.9	3.1	3.2
Raffinage du pétrole	5.2	1.8	1.6	1.8
Produits chimiques	4.4	4.7	3.9	3.0
Industries diverses	6.0	5.9	5.2	4.1

Source: Infometrica, 1988.

Les études faites sur l'effet de la nouvelle technologie sur la demande en eau industrielle indiquent que les changements technologiques ont tendance à faire réduire la demande en eau, quoique la croissance économique ait tendance à l'augmenter (Tate, 1986). Cette réduction de la demande en eau peut se produire quand les industries modifient leurs procédés de production afin de réduire leurs coûts de production, ou, quand ces industries veulent se conformer aux règlements gouvernementaux reliés à l'environnement.

Ces observations sont confirmées par une diminution de 33 % du taux de prélèvement de l'eau industrielle au Québec entre 1981 et 1986 (Division socio-économique 1981, 1986), avec un taux annuel de croissance industrielle de 2 % (Infometrica, 1988). Cette réduction pourrait être liée à la mise en oeuvre du programme d'assainissement industriel par le ministère de l'Environnement du Québec.

Un autre scénario a été ajouté au modèle pour représenter ce phénomène. La proportion entre un coefficient d'utilisation d'eau (prélèvement annuel, par millions de dollars du PNB) entre 1981 et 1986 a été multipliée par la proportion de la croissance industrielle (scénario fort). Ce résultat a été ajusté pour représenter le taux d'augmentation de prélèvement requis par le modèle. Ces équations ont été faites pour toutes les catégories de l'enquête industrielle de 1986.

Ce taux de croissance représente le prélèvement d'eau industrielle, par catégorie industrielle, en admettant que le taux de changement technologique enregistré entre 1981 et 1986 demeurera constant dans l'avenir.

4. APPLICATION AU BASSIN DE LA RIVIÈRE YAMASKA

4.1 Exécution du modèle

Une fois que les données socio-économiques (demande) et les données hydrologiques (offre) sont insérées dans la configuration du bassin, on calcule la différence entre l'eau de surface disponible et l'eau prélevée et consommée selon les différents scénarios applicables à chacune des utilisations de l'eau. Ces calculs sont faits pour tous les noeuds ainsi que pour l'ensemble du bassin.

Le modèle utilise, pour chaque type de demande, les données de prélèvement et les données de consommation pour l'année de base. Le calcul de la demande prévisible en eau est effectué en multipliant ces données par les scénarios de croissance correspondant. Une seule année de prévision est nécessaire pour chaque application du modèle.

L'offre est représentée par les données historiques du débit. Le modèle indique des problèmes d'approvisionnement d'eau quand l'offre pour une année de données historiques est insuffisante pour approvisionner:

1) la demande prévisible pour le prélèvement de l'eau,

2) la demande prévisible pour la consommation d'eau, dans l'année de prévision choisie.

Dans la méthode initiale il s'agissait de faire deux applications du modèle. Une application qui utilisait les scénarios à forte projection de croissance de la population et de l'industrie, sans tenir compte des changements de la technologie industrielle; et une autre application qui était faite à partir du même scénario (à forte projections de la population et de

l'industrie), mais qui prenait en compte les changements de technologie industrielle. Pour les deux scénarios, l'année de prévision était 2006.

Le projet initiale consistait à étendre les scénarios, seulement si le modèle prévoyait un problème d'approvisionnement en eau dans une des deux premières applications du modèle. Étant donné l'abscence de difficulté pour le prélèvement ou pour la consommation d'eau prévisible dans les scénarios à forte croissance, les scénarios plus faibles n'ont pas été utilisés.

4.2 Résultats

Les résultats doivent être interprétés à la lumière des méthodes et des hypothèses énumérées plus haut.

Aucun problème d'approvisionnement d'eau n'est prévu dans le bassin de la rivière Yamaska pour les années considérées par le modèle. Pour tous les noeuds, à l'exception du noeud de Granby, dans les deux applications des scénarios à forte croissance, la quantité d'eau prélevée n'a jamais excédé 40 % de la quantité d'eau totale disponible, même pour les mois d'été où il y a un écoulement minimum.

Selon le scénario à forte croissance sans changement technologique (voir tableau 7), durant l'été, la ville de Granby prélevra jusqu'à 77 % de l'offre en eau de la rivière Yamaska Nord, contre 10 % à 20 % des années historiques du débit. La consommation de l'eau par la ville de Granby sera au maximum de 12 % de l'offre en eau dans le même scénario. La demande est plus faible dans le scénario qui tient compte des changements technologiques, avec un maximum de prélèvement d'eau de 65 %.

TABLEAU 7

Demande et offre en eau à Granby en 2006 pour les deux scénarios, avec le minimum d'offre, (en million de mètres cubes par mois).

Année	Mois	Offre	Demande sans changement technologique	% *	Demande avec changements technologiques	% *
1977	JAN	3.0	1.4	47	1.1	36
1977	FEV	3.4	1.4	41	1.0	29
1967	MAR	8.7	1.4	16	1.1	12
1980	AVR	12.1	1.7	14	1.3	10
1977	MAI	4.8	2.0	42	1.7	35
1977	JUI	2.9	2.0	69	1.6	55
1966	JUL	2.6	2.0	77	1.7	65
1977	AOU	2.8	2.0	71	1.7	60
1972	SEP	2.6	2.0	77	1.6	61
1968	OCT	4.0	1.7	43	1.4	35
1978	NOV	7.5	1.4	19	1.1	14
1976	DEC	7.2	1.4	19	1.1	15

* Pourcentage de l'offre.
Source: Modèle MAUE.

Dépendant de l'efficacité d'épuration de l'eau usée rejetée par la ville, ces résultats peuvent engendrer un problème pour la qualité de l'eau en aval de Granby, mais ils n'engendrent cependant aucun problème pour ce qui a trait à la quantité d'eau disponible.

Une comparaison entre les deux scénarios, en ce qui concernent les prévisions de demande, montre que la demande industrielle pour l'eau en 2006 dans le scénario qui tient compte des changements

technologiques restera constante. En revanche, la demande industrielle d'eau dans le scénario sans changement technologique doublera. Étant donnée cette différence, dans le scénario qui tient compte des changements technologiques, la demande totale d'eau en 2006 présentera une faible augmentation (15 %); alors que dans le scénario où les changements technologiques ne sont pas considérés, la demande totale d'eau augmentera de façon plus substantielle (55 %)(figure 5).

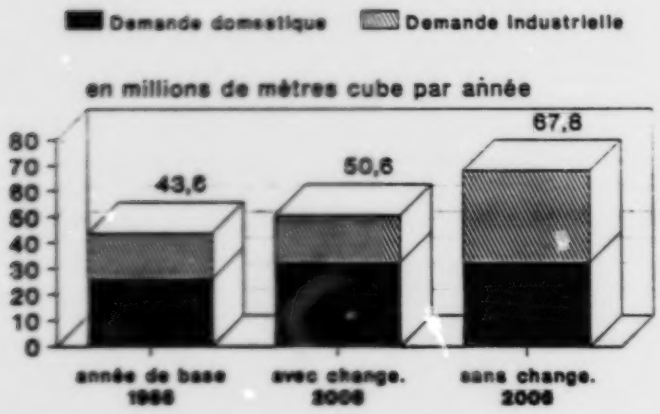
La différence entre les prévisions de la demande des deux scénarios reste relativement constante entre les noeuds; le noeud de Saint-Hyacinthe présente la plus grande différence entre les deux scénarios (tableau 8).

La différence entre les deux scénarios est substantielle. Il se peut que le taux de réduction de la demande industrielle en eau diminue. Mais étant donné que le taux de réduction de la demande industrielle entre 1981 et 1986 a été de 33 %, il n'est pas réaliste de supposer une réduction nulle de la demande industrielle. On peut situer la réalité (suivant le scénario à forte croissance économique et démographique) quelque part entre les deux scénarios, mais cette réalité se rapproche davantage des données fournies par le scénario qui tient compte des changements technologiques.

Figure 5

Scénarios de croissance

Bassin de la rivière Yamaska, 1986-2006



	année de base 1986	avec change. 2006	sans change. 2006
Demande industrielle	17,5	18,3	35,5
Demande domestique	26,1	32,3	32,3

Source: Modèle MAVE

Tableau 8

Comparaison du prélèvement de l'eau entre l'année de base (1986) et les deux scénarios(2006), par noeud, (en millions de mètres cube par année)

Noeud		Année de base 1986	Scénario avec changements technologiques 2006	% *	Scénario sans changement technologique 2006	% *
	Domestique	9.2	11.4	24	11.4	24
GRANBY	Industriel	4.1	4.8	17	9.1	122
	Total	13.3	16.2	21	20.5	54
	Domestique	4.5	5.5	22	5.5	22
FARNHAM	Industriel	4.9	5.7	16	10.1	106
	Total	9.4	11.2	19	15.6	66
	Domestique	2.5	3.1	24	3.1	24
SAINT-PIE	Industriel	3.3	3.6	9	6.7	103
	Total	5.8	4.2	15	9.8	69
	Domestique	9.8	12.1	23	12.1	23
ST-HYACYNTHE	Industriel	5.0	3.8	-24	9.1	82
	Total	14.8	15.9	7	21.2	43
	Domestique	0.1	0.1	0	0.1	0
EMBOUCHURE	Industriel	0.2	0.2	0	0.5	150
	Total	0.3	0.3	0	0.6	100
	Domestique	26.1	32.2	23	32.2	23
TOTAL	Industriel	17.5	18.1	4	35.5	103
	Total	43.6	39.6	15	67.7	55

* Pourcentage d'augmentation de prélèvement.

Sources: Modèle MAUE

5. CONCLUSION

Cette étude se voulait un raffinement de l'estimation des demandes pour l'eau de surface par rapport au modèle MAUE et ainsi qu'aux études antérieures (Bernier, 1990/Inland waters, 1987). Le résultat de l'application du modèle indique qu'il n'y aura pas de difficulté d'approvisionnement d'eau dans les années prévues par le modèle.

Les principales lacunes du modèle concernent l'offre en eau. Il faudrait modéliser l'offre en eau souterraine dans un bassin pour pouvoir évaluer la quantité d'eau souterraine disponible.

Il faudrait également trouver une meilleure façon de modéliser le débit dans une rivière aux noeuds où les stations hydrométriques sont manquantes. La régression linéaire à partir d'une autre station hydrométrique a été utilisée dans cette étude et l'étude antérieure (Bernier, 1990). L'ajout de variables climatiques pourrait peut-être améliorer le pouvoir explicatif de la modélisation du débit.

En outre, la demande en eau pourrait être évaluer avec un peu plus de précision. En effet, certaines directions seraient intéressantes à explorer. Par exemple, il serait intéressant de faire une enquête pour établir la quantité d'eau prélevée par la population rurale qui s'approvisionne à des puits. Un autre projet à réaliser, serait la modélisation de la relation entre la tarification et la demande d'eau à des fins municipales et industrielles.

Le plus ambitieux et le plus utile des projets serait de développer une méthodologie pertinente à la détermination d'un débit minimum suffisant pour assurer la qualité de l'eau.

BIBLIOGRAPHIE
PUBLICATIONS

Acres International Limite, 1988, Water Supply Constraints to Energy Development-Phase 7, Inland Waters Directorate, Environment Canada.

Acres International Limite, 1986, Water Supply Constraints to Energy Development-Phase 5, Inland Waters Directorate, Environment Canada.

Bernier, L., 1990, Application du modèle d'analyse d'utilisation de l'eau au bassin de la rivière Richelieu, Division de Planification , Direction générale des eaux interieures, Région de Québec, Environnement Canada.

Bureau de la statistique du Québec, 1984, Perspectives démographiques régionales, 1981-2006, Gouvernement du Québec.

Census of Manufactures 1977, 1981, Water Use in Manufacturing, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census.

Census of Manufactures 1982, 1986, Water Use in Manufacturing, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census.

Division quantité et qualité de l'eau, 1988, Sommaire chronologique de l'écoulement, Québec, jusqu'à 1986, Direction générale des eaux intérieures, Région du Québec, Environnement Canada.

Direction générale des eaux, 1977, Eaux de surface, bassin versant de la Yamaska, Ministère des richesses naturelles, Gouvernement du Québec.

Environnement Canada, 1986, Annuaire de l'eau du Canada, 1985, Ministère des Approvisionnements et Sevices Canada.

Grima, A.P., 1980, Efficiency in the Use of Municipal Water: Rational Water Rates for Reasonable Water Conservation, Water International 5(22), pgs. 19-23.

Inland Waters/Lands, 1987, WUAM Demonstration Analysis, South Saskatchewan River Basin, Conservation & Protection, Environment Canada.

Ministère de l'Environnement, 1988, L'Environnement au Québec, un premier bilan, document technique, Gouvernement du Québec.

Mongeau, J-R. 1979, Les poissons du bassin de drainage de la rivière Yamaska, 1963 à 1975, Québec service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, ministère de l'Environnement Canada.

Pêches et Environnement Canada, 1976, Annuaire de l'eau du Canada, 1976, ministère des Approvisionnements et Sevices Canada.

Pineau, M., Villeneuve, J. P., Campbell, P.G.C., 1983, Contrôle des apports nutritifs dans la gestion de la qualité de l'eau en rivière, Eau Québec, 16(1), p. 47-55.

Recensement du Canada de 1981, 1982, Cartes de référence, Divisions et subdivisions de recensement, Statistique Canada.

Renzetti S, 1987, The Economic Aspects of Industrial Water Use, Contract 62ss.Kn107-6-4200, Environment Canada.

Secteur des eaux atmosphériques, 1977, Qualité des eaux des rivières Saint-Francois et Yamaska, Direction générale des eaux, ministère des Richesses naturelles, Gouvernement du Québec.

Service de l'Hydrométrie, 1977, Municipalités par régions hydrographiques et bassins versants, Québec, Direction générale des eaux, ministère des Richesses naturelles, Gouvernement du Québec.

Scott's Répertoires, 1986, Fabricants du Québec, Saint-Laurent, Québec.

Socio-Economic Division, 1981 Industrial Water Use Survey Tables, Water Planning and Management Branch, Environment Canada.

Socio-Economic Division, 1986 Industrial Water Use Survey Tables, Water Planning and Management Branch, Environment Canada.

Tate D.M, 1972, Economic and Financial Aspects of Wastewater Treatment in the Yamaska River Basin, Québec, Inland Waters Directorate, Department of the Environment.

Tate D.M., 1986, Structural Change Implications for Industrial Water Use, Water Resources Research 22(11), pp. 1526-1530.

BANQUE DE DONNÉES

Enquête industrielle (Prélèvement et déversement des eaux industrielle), 1986, Division socio-économique, Direction de la planification et de la gestion des eaux, Environnement Canada.

Infometrica (Taux de croissance industrielle), 1988, Infometrica Ltd., Ottawa, Ontario.

MUNDAT (Prélèvement et déversement des eaux municipales, par usine de traitement et municipalité), 1989, Direction générale des systèmes et de l'informatique, Environnement Canada.

MUD (Prélèvement et déversement des eaux municipales, par municipalité), 1989, Division socio-économique, Direction de la planification et de la gestion des eaux, Environnement Canada.

MUP (Tarification de eaux municipale), 1986, Division socio-économique, Direction de la planification et de la gestion des eaux, Environnement Canada.

Recensement Canadien, 1986, (Population urbaine, population rurale, par municipalité), Division géographique, Statistique Canada.

Recensement Canadien agricole, 1986, (Bétail, terre irriguée, par sous-division consolidée), Division agricole, Statistique Canada.

ANNEXE A

L'offre en eau

Le premier noeud est le sous-bassin de la rivière Yamaska Nord où s'approvisionne la ville de Granby. La seule station hydrométrique en aval de Granby est la station St-Alphonse avec une période d'enregistrement de huit ans (1978 à 1983). Une estimation des années manquantes pour cette station entre 1966 et 1986 a été réalisée en utilisant la technique de régression linéaire pour tous les mois de l'année, avec une variable dépendante, soit le débit à St-Alphonse et une variable indépendante, le débit à Farnham. Le coefficient de détermination multiple mensuel varie de 95 % en mai (probabilité de 0.0001) à 34 % en décembre (probabilité de 0.1649).

Les rivières Yamaska, Yamaska Nord et Yamaska Sud-Est se rejoignent exactement au nord de Farnham, où est situé la station hydrométrique avec les données historiques de débit les plus complètes (1929-1955, 1966-1986) du bassin. Ainsi la jonction des sous-bassins de la Yamaska et de la Yamaska Sud-Est devient le deuxième noeud, soit le noeud Farnham.

La rivière Noire a une station hydrométrique localisée près de sa jonction avec la rivière Yamaska, dans le village de St-Pie. La période d'enregistrement à cette station hydrométrique (1966-1986) est presque la même que la deuxième période d'enregistrement de la station hydrométrique de Farnham. Le bassin de la rivière Noire devient le troisième noeud, le noeud Ste-Pie, avec une période d'enregistrement de vingt ans pour tous les noeuds.

La seule station hydrométrique en aval de la jonction de la rivière Noire et de la rivière Yamaska est la station hydrométrique localisée à St-Hyacinthe, avec une courte période d'enregistrement de six ans (1978 à 1983, 1983 à 1986). Une estimation des années manquantes pour cette station entre 1966 et 1986 a été réalisée en utilisant la technique de régression linéaire avec variable dépendante, le débit à St-Hyacinthe, et variable indépendante, la somme des débits entre les stations Farnham et St-Pie. Le coefficient de détermination multiple mensuel varie de 98 % pour le mois de juin (probabilité de 0.0001) à 65 % pour le mois de novembre (probabilité de 0.0174).

Le dernier noeud se trouve à l'embouchure de la rivière Yamaska. Il n'y a pas de station hydrométrique à ce point de la rivière, le débit a donc été estimé en faisant la somme du débit de St-Hyacinthe et du débit de le station hydrométrique localisé près de la jonction du tributaire David avec la rivière Yamaska. À ce point, l'estimation est probablement inférieure au débit réel.

ANNEXE B
Coefficients industriels

COEFFICIENTS UTILISÉS POUR L'ESTIMATION DU PRÉLÈVEMENT D'EAU DES INDUSTRIES NON RÉPERTORIÉES DANS L'ENQUÊTE INDUSTRIELLE

MAUE	SIC	Établissements manufacturiers	Coefficients industriels* eau pub.	eau surf.	consom.**	Source
7	20	Alimentation	705	144	0.16	Yamaska
8	30	Caoutchouc et plastique	438	441	0.02	Yamaska
9	31	Cuir	188		0.07	É.-U.
10	22	Textiles	1150	430	0.16	Yamaska
11	24	Bois de construction	68	34	0.30	Québec
12	25	Meubles	118		0.03	É.- U.
13	26	Papier	349	7	0.04	Yamaska
15	33	Ind. primaire du métal	982	8389	0.04	Québec
17	34	Produits métalliques	247	1	0.03	Yamaska
18	35	Machinerie	292		0.13	É.- U.
19	37	Matériel de transport	274	30	0.03	Québec
20	36	Machinerie électrique	197		0.05	É.- U.
21	32	Produits en pierre	902	553	0.23	Québec
22	29	Raffinage du pétrole	907	14709	0.03	Canada
23	28	Produits chimiques	2252	5267	0.05	Québec
24	38	Instruments de mesure	236		0.07	É.- U.
24	39	Industries diverses	175		0.07	É.- U.

* Mètre cube par année par employé.
** Proportion de prélèvement consommé.

SOURCE : Enquête industrielle, Environnement Canada/Statistique Canada, 1986.
U.S. Departement of commerce, Bureau of the census, Water use in Manufacturing, 1982.